Beiträge

zur

Anatomie der Senegawurzel.

Der

hohen philosophischen Facultät der Universität Rostock

als

Promotionsschrift

vorgelegt von

Otto Linde,
Apotheker.

Mit 1 Tafel.

(Separat-Abdruck aus „Flora“, Jahrgang 1886.)

Regensburg 1886.

Druck der F. H. Neubauer'schen Buchdruckerei (F. Huber).

Referent: Prof. Dr. **Goebel.**

Inhalt.

Einleitung 1
Morphologisches 4
Anatomischer Bau 5
Holzkörper 5
Rinde 9
Stengel 10
Schuppenblätter 10
Besondere Wachsthumserscheinungen 11
Entstehung der Wulste; breite zusammenhängende Markstrahlen 11
Verticale Ablenkung der schmalen Markstrahlen 13
Excentrisches Dickenwachsthum und Folgen davon, als: Ablenkung der Rindenstrahlen und Spaltung der Rinde 13
Andere Fälle von anomalem Wachsthum . . 15
Theilung des Holzkörpers in zwei durch eine radiale Parenchymlamelle 16
Theilung des Holzkörpers in mehrere durch tangentiale Parenchymlamellen 19
Südliche *Senega*wurzel 21
Wurzeln anderer *Polygala*-Arten 25
Literatur-Verzeichniss 28
Erklärung der Figuren 29

Beiträge zur Anatomie der Senegawurzel

von **Otto Linde.**

Mit Tafel I.

Einleitung.

Polygala Senega L., die Stammpflanze unserer Droge, ist eine perennirende Pflanze; sie wächst an trocknen, lichten Waldstellen ausser in Canada in fast dem ganzen östlichen Theile der Vereinigten Staaten von Nordamerika, und zwar in Indiana, Virginien, Nordcarolina, Kentucky, Tenessee, ferner in den nördlichen Theilen von Georgien, Alabama und Texas. Selten ist sie in Missouri, überreich aber wächst sie in manchen Theilen von Jowa und Minnesota, und es kommt hauptsächlich die in den letzteren beiden Staaten gesammelte Senegawurzel in den Handel.[1])

Die Senegapflanze erwähnte schon Joh. Rajus, welcher 1705 starb, und im Jahre 1734 lieferte ein Nürnberger Arzt, Jacob Treu, eine Abbildung derselben.[2]) Die Einführung

[1]) Proceedings of the American Pharm. Association, 1876, pag. 516.

[2]) Geiger, Pharmaceut. Botanik, II. Aufl., pag. 1554.

der Senegawurzel aber in den Arzneischatz, im Jahre 1735 oder 1736, verdanken wir John Tennent, einem schottischen Arzte, welcher sich in Virginien aufhielt. Bei den Indianern stand diese Wurzel damals, und wahrscheinlich auch schon lange vor der Entdeckung von Amerika, als Mittel gegen den Biss der Klapperschlange in grossem Ansehen; sie verschluckten in Gefahr den Saft der gekauten Wurzel und legten auch letztere äusserlich auf die Wunde; oder sie tranken Milch, die mit der Wurzel gekocht war, bis zur Heilung der Wunde, welche sie auch wohl mit einem mittelst Milch bereiteten Brei der Wurzel bedeckten[3]). Tennent wandte die *Senega*wurzel gegen Brustkrankheiten an und zwar mit so glücklichem Erfolge, dass ihm von der Obrigkeit in Philadelphia eine Belohnung von 75 Pfund Sterling zuertheilt wurde. Im Jahre 1738 übersandte er einen Bericht über die Gebrauchsart an Richard Mead in Edinburg[4]), sowie an Jussieu in Paris. Später beschäftigte sich mit dem Medikament Linné, gebrauchte es auch selbst, als er an einer Brustkrankheit darnieder lag. Trotz alledem war die *Senega*wurzel noch gegen Ende des 18. Jahrhunderts nur in wenigen Apotheken Deutschlands käuflich zu haben[5]). Tennent nannte die Wurzel nach den Seneca-Indianern *Seneca Rattle-snake root*[6]). Dieselbe Ableitung des Namens haben auch Dulong d'Astafort[7]), Flückiger und Jacob D. Wells[8]) angegeben; Quévenne dagegen, welcher die Schriften Tennents nicht gekannt zu haben scheint, äussert seine Ansicht dahin, dass der Name *Senega* aus dem englischen Worte *snake* entstanden sei[9]).

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts besitzen wir eine ganze Reihe von chemischen Analysen der *Senega*wurzel; als die wichtigsten nenne ich die von Gehlen, Peschier, Trommsdorff, Feneulle, Quévenne, Procter, Christophsohn, aber eine eigentliche anatomische Untersuchung machte

---

[3]) Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie 1804, pag. 117.

[4]) Epistle to Dr. Richard Mead, concerning the epidemical diseases of Virginia etc. Edinburgh. 1738.

[5]) Murray, Apparatus medicaminum, Vol. II, (1794) pag. 565.

[6]) Tennent, Epistle to Dr. Richard Mead, 1738; ferner Flückiger und Hanbury, Pharmacographia, II. Aufl. 1879, pag. 77.

[7]) Journal de Pharmacie 1827, Bd. XIII, pag. 567, 568.

[8]) Proceedings of the American Pharm. Association, 1876, pag. 516.

[9]) Journal de Pharmacie 1836, Bd. XXII, pag. 449; auch Archiv der Pharmacie 1836, II. Reihe Band 8, p. 78.

erst im Jahre 1851 O. Berg bekannt[10]). Diese war jedoch so ungenau und oberflächlich, dass gleich nach ihrem Bekanntwerden G. Walpers sich veranlasst sah, sie zu berichtigen und zu vervollständigen[11]). Bald aber zog der eigenthümliche anatomische Bau der *Senega*wurzel auch die Aufmerksamkeit anderer Forscher auf sich. So veröffentlichte Wigand im Jahre 1856 eine sowohl von der Berg'schen, wie der Walpers'schen abweichende anatomische Beschreibung derselben[12]). Die eingehendste anatomische Untersuchung aber unserer Droge, welche, mit Abbildungen versehen, in der Botanischen Zeitung 1857 (pag. 49 etc.) veröffentlicht wurde, verdanken wir wiederum O. Berg; es ist dieselbe, welche sich mit geringen Abänderungen in allen bisher erschienenen Auflagen von Berg's Anatomischem Atlas sowie den nach 1857 erschienenen Auflagen seiner Pharmakognosie wiederfindet. In Betreff einiger Punkte wurde die Berg'sche Untersuchung einige Jahre später, 1862, von Wigand berichtigt[13]) und auch von Flückiger wurde sie (in seiner Pharmakognosie des Pflanzenreichs, I. Aufl. 1867, II. Aufl. 1883) noch in mancher Beziehung vervollständigt.

Wohl keine Droge hat ihres anatomischen Baus wegen ein solches Interesse erregt, keine ist so vielfach darauf hin untersucht worden und keine hat so von einander abweichende Ansichten der Forscher hervorgerufen, wie gerade die *Senega*wurzel. Nachdem nun aber die Pflanzenanatomie in den letzten beiden Jahrzehnten eine so bedeutende Ausbildung erfahren, erscheinen uns jene älteren Untersuchungen veraltet und stimmen in vieler Beziehung mit unseren jetzigen Erfahrungen und Ansichten so wenig überein, dass es wohl angebracht und an der Zeit sein dürfte, sie den neueren Ansichten gemäss zu berichtigen und zu vervollständigen.

---

[10]) O. Berg, Handbuch der pharmaceut. Botanik II. Theil, Pharmakognosie, 1850—52, pag. 75.

[11]) Botanische Zeitung 1851, pag. 297.

[12]) Flora 1856, pag. 675.

[13]) Archiv der Pharmacie, 1862, Bd. 111, pag. 238.

Morphologisches.

Damit das Verständniss des Nachfolgenden erleichert werde, will ich hier eine kurze äussere Beschreibung unserer Droge vorausschicken.

Die *Senega*wurzel stellt fingerlange, höchstens 1,5 cm. dicke, selten gerade, meist verschiedenartig gewundene Wurzeln dar, welche, nach unten allmählig dünner werdend, einfach sind oder sich in mehrere spreizende Aeste theilen. Am oberen Ende sind sie von einem höckrigen Wurzelkopfe gekrönt, der einen Durchmesser von 4 cm. erreichen kann und von etwa 1 mm. dicken Stengelresten gebildet wird, an welchen sich röthliche Schuppenblätter befinden. Die Wurzeln sind von Farbe gelbbraun oder graugelb, der Länge nach runzlig, hin und wieder mit rundlichen Höckern versehen und, besonders im oberen Theile, mit dicken, halbringförmigen Wulsten und tiefen Einschnürungen (Fig. 1 bei w). Letztere befinden sich aber immer nur auf der einen Seite der Wurzel; ihnen gegenüber, auf der anderen Seite, bemerkt man einen scharfen Kiel.

Die eigenthümlichen Krümmungen oder Windungen der Wurzel sind schon von jeher als ein charakteristisches Kennzeichen derselben angesehen worden. Eine reguläre „steile Spirale," wie Berg sich ausdrückt, habe ich an keinem Exemplare gefunden. In manchen Fällen kann man allerdings mit Hülfe der Phantasie eine Schraubenlinie erblicken; bei genauerer Betrachtung aber zeigt es sich, dass die Windungen der *Senega*wurzel nur aus Krümmungen zusammengesetzt sind. Diese Krümmungen bemerkt man regelmässig da, wo sich an der Wurzel Wulste bemerkbar machen; auf der äusseren, convexen Seite der Wurzel befindet sich alsdann der Wulst, auf der inneren, concaven, der Kiel. Zuweilen schliesst sich an eine solche Krümmung eine andere an, oft geradezu in entgegengesetztem Sinne, so dass die Form eines S entsteht; diese beiden Krümmungen liegen dann etwa in derselben Ebene. — Auch eine Drehung der Wurzel um ihre eigne Achse lässt sich nicht leugnen.

Auf dem Bruch ist die *Senega*wurzel glatt, ohne Fasern. Beim Aufweichen in Wasser verlieren sich die Längsrunzeln, der scharfe Kiel rundet sich ab und wird weniger auffallend[14]),

[14]) Von einem Kiel kann deshalb eigentlich nur an der trocknen Wurzel

die Wulste aber verändern sich nur unbedeutend. Auf dem Querschnitt durch eine in Wasser aufgeweichte Wurzel bemerkt man, dass die Rinde aus zwei verschiedenen Schichten besteht, einer helleren und einer dunkleren, von denen die letztere dem weisslichen Holzkörper anliegt. Die Dicke der Rinde beträgt etwa $^1/_5$ des Gesammtdurchmessers der Wurzel.

Anatomischer Bau.

Die *Senega*wurzel besitzt weder ein Mark, noch deutliche Jahresringe; letztere sind nur durch concentrische Ringe grösserer Gefässe angedeutet. Das organische Centrum tritt stets sehr deutlich hervor. Selten ist der Holzkörper genau stielrund, sondern meistens durch hervortretende Gefässe oder Gefässgruppen an der Peripherie schwach gelappt.

Der Holzkörper besteht aus Gefässen, Tracheïden, Holzparenchym und Markstrahlenparenchym.

Die Gefässe, in mehr oder weniger deutlichen, concentrischen Ringen angeordnet, stehen einzeln oder in Gruppen von 2 oder 3 beisammen und sind durch zahlreiche, ringförmige, meist schräg gestellte Scheidewandreste kurz gegliedert; durch zahlreiche, kleine, rundlich-rautenförmige, behöfte Poren mit wagerecht gerichteten Spalten, welche in Längsreihen ziemlich regelmässig angeordnet sind, erhalten sie eine zierliche Zeichnung. Das Lumen der grösseren Gefässe fand ich von 0,04 bis 0,055 mm. Durchmesser.

Ueber die Anordnung der primordialen Gefässe kann ich nichts Genaueres sagen, da junge Wurzeln, an denen sich dieselbe erkennen liesse, zwischen der Handelswaare nicht vorkommen. Frisches Material konnte ich aber nicht erlangen[15]).

---

die Rede sein, nicht aber an der frischen oder in Wasser aufgeweichten; jedoch soll später, wenn von dem Kiel die Rede ist, immer diejenige Seite der Wurzel gemeint sein, auf welcher er sich an der getrockneten Wurzel befindet.

[15]) Im Jahre 1759 wurde *Polygala Senega* von Philip Miller als Gartenpflanze nach England eingeführt, gerieth aber bald, weil sie kein hübsches Aussehen besass, in Ungunst und verschwand (Vergl. Proceed. of the Americ. Pharm. Assoc. 1876, pag. 516); heutzutage findet man sie bei uns nicht einmal in den botanischen Gärten (Vergl. Flückiger, Pharmakognosie, II. Aufl. pag. 410). Uebrigens hat man im Berliner Botanischen Garten die Erfahrung gemacht, dass die angepflanzten *Polygala*-Arten, auch die einheimischen, sehr bald eingehen.

Die Hauptmasse des Holzkörpers machen neben den Gefässen die Tracheïden aus, deren Porenspalten aber nicht wagerecht, sondern schief gestellt sind. Zuweilen zeigen die Tracheïden ausserdem noch netzförmige Verdickungen.

Holzparenchym ist im Holzkörper der *Senega*wurzel nicht gerade reichlich vertreten. Die langgestreckten Zellen desselben finden sich in der Nähe der Gefässe und führen spärliche und unregelmässig angeordnete, einfache Poren. Im oberen Theil der Wurzel, unweit des Wurzelkopfs, bemerkt man zuweilen unvollständige Ringe von dünnwandigem, porenlosen Parenchym.

Von Markstrahlen kann man zwei verschiedene Arten unterscheiden nämlich, schmale, deren Zellen sämmtlich porös sind, und breite, bei denen nur die seitlichen, dicht am Holz befindlichen, dickwandigeren Zellreihen Poren zeigen, nicht aber die inneren, dünnwandigeren, welche die Hauptmasse dieser Markstrahlen ausmachen.

Die schmalen Markstrahlen finden sich hauptsächlich an den dickeren Theilen der Wurzel, nahe dem Wurzelkopf. Sie sind eine oder nur wenige Zellen breit, höchstens 20 bis 30 Zellen hoch und erreichen entweder das organische Centrum oder, was viel häufiger der Fall ist, gehen weniger tief in den Holzkörper hinein. Die einzelnen Zellen dieser Markstrahlen zeigen auf Tangentialschnitten eine gestreckt-ovale, rundliche oder fast prosenchymatische Gestalt. Die Anordnung der auf allen Seiten befindlichen Poren ist unregelmässig. Einzelne Markstrahlzellen lassen eine nicht besonders deutliche, feine, gekreuzte Streifung erkennen.

Breite Markstrahlen kommen an allen Theilen der Wurzel vor, und zwar gewöhnlich an der äusseren, convexen Seite gekrümmter Stellen. Von bedeutenderer Breite, als die vorigen, nehmen sie auf dem Querschnitt oft ein Drittheil bis die Hälfte oder sogar einen noch grösseren Theil des gesammten Holzkörpers ein. In demselben Niveau befindet sich meistens nur ein einziger solcher Markstrahl. Die porösen Zellen dieser Markstrahlen bilden gewöhnlich auf jeder der beiden Radialseiten 2—4 Reihen, welche am oberen und unteren Ende des Markstrahls in einander fliessen [16]). Diese Zellen sind (auf dem

[16]) Von all den Autoren, welche bisher eine anatomische Beschreibung der *Senega*wurzel lieferten, ist Wigand der einzige welcher diese Zellen erwähnt (Wigand, Lehrbuch der Pharmakognosie. III. Aufl. pag. 44.)

Tangentialschnitt) unregelmässig angeordnet, longitudinal gestreckt und greifen mit spitzen Enden in einander; einzelne von ihnen zeigen ausser den einfachen Poren noch netzförmige Verdickungen, besonders am oberen und unteren Ende des Markstrahls. Die nicht porösen Zellen der breiten Markstrahlen dagegen sind auf Tangentialschnitten in deutlichen Querreihen angeordnet, von Gestalt unregelmässig rundlich, parenchymatisch. Auf Querschnitten zeigen sich alle Markstrahlzellen in radialen Reihen; die einzelnen Zellen, in der Nähe des Wurzelcentrums fast quadratisch und nur wenig grösser, als die benachbarten Holzelemente, nehmen nach der Peripherie zu an Grösse zu und werden in tangentialer Richtung gestreckt. Am Cambium sind diese Markstrahlzellen mehrmals so gross, wie die daneben liegenden Zellen des Holzes. — Fast ausnahmslos gehen diese breiten Markstrahlen vom organischen Centrum der Wurzel aus.

Während die schmalen Markstrahlen ohne Einfluss auf die Kreisform des Cambiumringes sind, erscheint letzterer vor den breiten meistens eingedrückt.

Die Zellen der schmalen wie der breiten Markstrahlen führen fettes Oel in Tropfen.

Gerade die breiten Markstrahlen waren es, die all den Forschern, welche die *Senega*wurzel anatomisch untersuchten, räthselhaft erschienen; fast ein jeder von ihnen fasste sie anders auf. Der erste, O. Berg, erwähnt sie in seinem Handbuch der pharmaceut. Botanik, II. Theil, Pharmakognosie, 1850—52, noch gar nicht; später[17]) erklärt er sie für Risse im Holzkörper, hervorgebracht dadurch, dass „bei den Windungen der Wurzel das Holz wegen seiner spröden Textur nicht folgen konnte;“ deshalb sei es an seiner äusseren, dem Rindenkiel entgegengesetzten, Seite der Länge nach gespalten. Das Parenchym der breiten Markstrahlen bezeichnet Berg als Rindengewebe, welches in die Spalten des Holzkörpers hineingewachsen sei, trotzdem er bemerkt hatte, dass es in regelmässigen Radialreihen angeordnet ist. Bei Berg's Annahme, welche sich durch die späteren Auflagen seiner Pharmakognosie (von 1857, II. Aufl. an) und seines Anatom. Atlas hindurchzieht und die eigentlich keiner Widerlegung bedarf, würden die Parenchymmassen unregelmässig, sicherlich nicht in radialen,

[17]) Botanische Zeitung 1857, pag. 49 etc.

nach der Peripherie zu sich verbreiternden Reihen geordnet sein. An derselben Stelle[17]) gibt Berg aber ein sehr praktisches Mittel an, um einen Ueberblick über die Bildung des Holzkörpers zu gewinnen; er empfiehlt nämlich, die Wurzel nach dem Aufweichen in Wasser vorsichtig von der Rinde zu befreien. Hätte dies vorher Walpers[18]) gethan, so wäre derselbe wohl nicht zu der Meinung gekommen, dass manche Wurzeln einen stielrunden, andere dagegen einen nur zur Hälfte ausgebildeten Holzkörper besässen. Walpers hat die strahlenförmige Anordnung der Markstrahlzellen ebenfalls bemerkt; er nennt letztere „Rindenparenchym" und „möchte sich versucht fühlen, hier an übermässig entwickelte Markstrahlen zu denken." In der Flora, 1856, pag. 676, spricht A. Wigand die Ansicht aus, dass der gesammte Holzkörper, seiner ganzen Länge nach, nur einseitig ausgebildet sei (ein Beweis, dass auch er nicht die Rinde entfernt hatte); die breiten Markstrahlen erklärt dieser Autor für das Mark, welches hier nicht im Holzkörper eingeschlossen sei, sondern daneben liege, denselben zu einem Cylinder ergänzend; dabei hat Wigand, wie vor ihm weder Berg noch Walpers, den Verdickungsring ausserhalb des Markstrahls beobachtet[19]). Einige Jahre darnach[20]) präcisirt Wigand seine Aussage über die Lage des „Marks" (wie er es nennt), indem er sagt, die Prosenchymgewebe, Bast und Holz, lägen auf einer Seite, die Parenchymgewebe, Mark und primäre (!) Rinde, auf der andern, anstatt sich concentrisch einzuschliessen[21]). Gleichzeitig, an demselben Orte[20]), erkennt Wigand aber auch an, dass nach dem Abschälen der Rinde der Holzkörper nicht der ganzen Länge nach offen sei, sondern dass nur kürzere oder längere Spalten an demselben vorhanden seien. Von der Meinung aber, dass die breiten Markstrahlen ein markartiges Gewebe seien (d. h. ein dem Mark entsprechendes, dasselbe vertretendes), geht Wigand auch in seinem

[18]) Botanische Zeitung 1851, pag. 299.

[19]) De Bary, welcher der *Senega*wurzel in seiner Vergleichenden Anatomie, pag. 585, einen besonderen Abschnitt widmet, scheint diese nicht selbst untersucht zu haben. Auf Wigand's und Walper's Beschreibung gestützt giebt er an, das Cambium sei normal, das Holz wachse aber nach der einen, die Rinde nach der anderen Seite stärker. In Wirklichkeit verhält es sich aber anders, wie wir später sehen werden.

[20]) Archiv der Pharmacie, 1862, Bd. 111, pag. 238.

[21]) Hager hat diese Darstellung in seinen Commentar zu der VII. Ausgabe der Pharmacopoea Borussica aufgenommen.

Lehrbuch der Pharmakognosie (III. Aufl. pag. 43, 44) nicht ab. F. A. Flückiger, der letzte der Forscher, welche hier in Betracht kommen, bezeichnet in seiner Pharmakognosie des Pflanzenreichs die breiten Markstrahlen als „in das Holz eingedrungene Rindenkeile, durch das Auswachsen der Markstrahlen entstanden“ [22]).

Gehen wir jetzt zur anatomischen Struktur der Rinde über.

An der Rinde des vorliegenden Materials lassen sich mittelst des Mikroskops drei Schichten unterscheiden. Die äusserste Schicht besteht aus 4 bis 6 Lagen Peridermzellen. Die mittlere Schicht bildet ein parenchymatisches Gewebe. Ihre unregelmässig angeordneten Zellen sind rundlich oder oval und meist tangential gestreckt, die äussersten Schichten derselben meist auch collenchymatisch verdickt. An solchen Stellen der Wurzel, woselbst sich keine breiten Markstrahlen finden, sieht man diese Rindenschicht rund herum gleichmässig ausgebildet, nicht aber, wo jenes der Fall ist; alsdann ist sie auf der Seite des Markstrahls bedeutend dicker, als auf der entgegengesetzten Seite, nach welcher hin sie allmählig an Stärke abnimmt und wo sie schliesslich sogar auf einige wenige Zellreihen beschränkt ist.

Die innerste Rindenschicht zeichnet sich vor der mittleren dadurch aus, dass ihre Elemente in deutlichen Radialreihen angeordnet sind. Auf dem Querschnitt ist sie von der mittleren Schicht weniger scharf abgegrenzt, als auf dem Längsschnitt; sie übertrifft jene an Mächtigkeit. Ihre Elemente erscheinen auf dem Längsschnitt im Sinne der Achse bedeutend gestreckt und lassen eine feine, doppelte Streifung von unter schiefem Winkel sich kreuzenden Streifensystemen erkennen. Man kann in der innersten Rindenschicht zweierlei Elemente unterscheiden, nämlich Parenchymzellen und Siebröhren nebst deren Geleitzellen. Die Parenchymzellen sind dünnwandig, auf dem Querschnitt rechteckig oder quadratisch, nach der Peripherie hin nehmen sie an Grösse zu und zeigen sich gleichzeitig mehr tangential gestreckt. Die Siebröhrengruppen fallen auf dem Querschnitt sogleich durch die Dickwandigkeit oder collenchymatische Verdickung der Membranen ihrer Elemente ins Auge; sie sind in concentrischen Kreisen angeordnet.

---

[22]) F. A. Flückiger, Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreichs; I. Aufl., 1867, pag. 264; II. Aufl., 1883, pag. 410.

In der mittleren und inneren Rindenschicht findet sich fettes Oel in Tropfenform.

Schmale Rindenmarkstrahlen kommen, den schmalen Holzmarkstrahlen entsprechend, wohl nur im oberen, älteren Theil der Wurzel vor; auf dem Querschnitt sind sie durch die dünneren Wandungen ihrer Zellen von den benachbarten Rindenelementen genugsam unterschieden, auf dem Tangentialschnitt ausserdem durch die isodiametrische Gestalt ihrer Zellen und die Anordnung derselben in mehr oder weniger deutlichen Querreihen.

Der vor den breiten Markstrahlen befindliche Theil der innern Rinde pflegt in Bezug auf Mächtigkeit wenig ausgebildet zu sein. Die radialen Zellreihen des Markstrahls lassen sich nur auf einer kurzen Strecke über das Cambium hinaus verfolgen, werden bald unregelmässig und verlieren sich in der mittleren Schicht der Rinde.

Die an der *Senega*wurzel befindlichen Stengelreste sind nach dem Aufweichen in Wasser, etwa 1 bis $1^1/_2$ mm. dick. Ein zusammenhängender dünner Holzring, dessen Elemente eine radiale Reihenbildung zeigen und in welchem keine Markstrahlen zu bemerken sind, umschliesst ein grosses, lockeres Mark; die primordialen Gefässe ragen gruppenweis ein wenig in dieses Mark hinein. Die sekundäre Rinde wird von der primären durch Gruppen von Bastzellen getrennt. Die Bastzellgruppen, deren Elemente sehr dickwandig erscheinen, sind in radialer Richtung 2 bis 4 Zellen mächtig, in tangentialer mehrmals so stark und werden von einander durch einige wenige dünnwandige Zellen getrennt. Die Zellschichten ausserhalb der Bastzellgruppen bilden ein lockeres Parenchym. Die Epidermis, welche das Ganze umschliesst, trägt vereinzelte, einzellige, ziemlich dickwandige Haare; letztere sind wurstförmig gekrümmt und mit Cuticularwärzchen bedeckt.

Die am Wurzelkopf vorkommenden kleinen, violett-rothen Schuppenblätter sind von Gestalt herz-eiförmig, etwa 2,5 mm. lang und fast ebenso breit, mit breiter Basis den Stengelresten angewachsen. In ihrem Innern verläuft ein einziges sich verzweigendes Gefässbündel. Sie sind am Rande einschichtig, in der Mitte mehrschichtig. Spaltöffnungen finden sich auf der Oberseite sehr spärlich, auf der Unterseite mehr, zerstreut. Der Blattrand ist von einzelligen Haaren umsäumt, welche eine Länge von 0,06 bis 0,07 mm. besitzen und mit

zahlreichen Cuticularwärzchen versehen sind; die Wände an der Spitze dieser Haare sind gelblich, stark verdickt und zeigen eine deutliche Schichtung (Fig. 2).

An die Beschreibung der anatomischen Struktur der *Senega*-wurzel, insbesondere an die der breiten Markstrahlen, knüpfe ich einige Betrachtungen

Besonderer Wachsthumserscheinungen

an.

Bei der äusseren Beschreibung unserer Droge wurde (auf Seite 4) erwähnt, dass sie hin und wieder mit rundlichen Höckern versehen sei und, besonders im oberen Theile, mit dicken, halbringförmigen Wulsten und Einschnürungen, welche oft in ganz auffälliger Weise abgesetzt seien und denen auf der gegenüberliegenden Seite ein Kiel entspreche (Fig. 1). Die zuerst erwähnten kleinen Höcker, welche sich überall an der Wurzel finden können, werden meistens durch unentwickelte, in der Rinde stecken gebliebene Ansätze zu Wurzelästen hervorgerufen. Anders verhält es sich mit den dicken Wulsten. Der ihnen gegenüberliegende Kiel (vergl. pag. 5) deutet schon darauf hin, dass hier breite Markstrahlen vorhanden seien. Und so ist es. Befreit man solche Stellen der Wurzel nach dem Aufweichen in Wasser von der Rinde, so bemerkt man, dass der Holzkörper auf dieser Seite ebenfalls dicker und mit quer (horizontal) gerichteten, nach dem Centrum zu durchbrochenen, halbringförmigen Holzlamellen versehen ist (Fig. 3). Der Raum zwischen diesen Lamellen ist durch weiches Gewebe ausgefüllt, und sie hangen nur an ihren beiden Enden mit dem Holzkörper zusammen. Auf Querschnitten zeigt sich neben einem quer durchschnittenen Holzkörper (Fig. 4 X) ein breiter Markstrahl M nach der Seite des Wulstes zu, und hat man gerade eine der Holzlamellen getroffen (fast jeder Schnitt pflegt eine solche wenigstens theilweise zu treffen, da sie gewöhnlich dicht über einander stehen), so zieht sich diese in der Gegend des Cambiumringes bogenförmig vor dem Markstrahl hin (Fig. 4 L). Die Elemente dieser Lamelle nebst den entsprechenden der innern Rindenschicht sind aber längs oder wenigstens sehr schräg durchschnitten. Auf einem radialen Längsschnitt dagegen sieht man die Holzlamellen quer durchschnitten und

hier kann man ebenfalls wahrnehmen (Fig. 5 L), dass sie in der Mitte mit dem Holzkörper nicht zusammenhängen, sondern dass dort überall die regelmässigen Querreihen von dünnwandigen Markstrahlzellen vorhanden sind (Fig. 5 M). Der Verlauf des Cambiums ist normal, d. h. es findet sich nur ein geschlossener Cambiumring vor, welcher die Markstrahlen und die Holzlamellen einschliesst. Auf Radialschnitten pflegt an solchen Stellen, wo ein Markstrahl getroffen ist, das Cambium nach dem Centrum zu eingebogen zu sein (Fig. 5, zwischen den Lamellen L L); die Holzlamellen erscheinen alsdann ausgebogen, stehen vor.

Aus diesem anatomischen Befunde geht deutlich hervor, dass wir es hier mit Markstrahlen zu thun haben, welche sehr breit und dicht über einander befindlich sind, welche ferner, und das ist eben das Auffällige, alle mit einander am Centrum in Verbindung stehen.

Schon Walpers machte auf diese eigenthümliche Erscheinung aufmerksam[23]); er hielt die Holzlamellen, welche die einzelnen Markstrahlen von einander trennen, für unentwickelt gebliebene Zweige, die mit einander verwachsen und rund herum von Rindenparenchym umgeben seien. Walpers erwähnt dabei, dass er im Innern von Wulsten kleine, unregelmässige Holzpartieen gefunden habe, welche ringsherum von Rindenparenchym eingeschlossen, mit dem Holzcylinder der Wurzel in keiner Verbindung ständen, von der Grösse eines Brennnesselsamens wären und gruppenweis bei einander lägen; ich habe trotz vieler Mühe solche vollständig isolirten Holzpartieen nicht aufgefunden. — Später beschrieb Flückiger[24]) diese sonderbare Bildung, indem er sagte, „die Ränder der gleichsam angefressenen Seite des Holzcylinders blieben häufiger durch einzelne übrig gebliebene Querbänder von Holzgewebe in Zusammenhang.“ Schliesslich erwähnte sie Wigand[25]), welcher sie „netzartige Querspalten“ nannte.

Die an der Wurzel äusserlich sichtbaren, dicken Wulste entsprechen theils einzig dem darunter befindlichen, durch die breiten Markstrahlen aufgetriebenen Holzkörper, theils werden sie durch lokale Wucherungen in der Rinde noch auffälliger gemacht.

---

[23]) Botanische Zeitung 1851, pag. 300.

[24]) Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreichs, I. Aufl. (1867), pag. 263.

[25]) Wigand, Lehrbuch der Pharmakognosie (1879), pag. 43.

In naher Beziehung zu diesen Wulsten steht nun eine eigenthümliche Eigenschaft der schmalen Markstrahlen, welche sich in der Gegend der Wulste finden. Dicht über den Wulsten bemerkte ich nämlich in mehreren Fällen eine Ablenkung der schmalen Markstrahlen im Holzkörper. Sie verliefen nicht senkrecht zu den Holzelementen, sondern waren nach unten, dem Wulst zu, hingezogen. In besonders auffälligen Fällen betrug der Winkel, welchen die Zellreihen der Markstrahlen mit den Holzelementen bildeten, nur 60° bis 65° anstatt 90°, die Ablenkung demnach 25° bis 30°. Ohne Zweifel haben wir es hier mit einer Ablenkung der Markstrahlen nach dem Orte des grösseren, hier an den Wulsten lokalisirten, Dickenwachsthums zu thun, und zwar in longitudinaler Richtung.

Vielfach lässt sich, und zwar besonders an dickeren Wurzeln, ein excentrisches Dickenwachsthum constatiren. Fast ausnahmslos ist dies der Fall an solchen Stellen, an welchen sich ein breiter Markstrahl befindet. Hier liegt das organische Centrum gewöhnlich nach der Seite des Markstrahls zu (Fig. 6); das Holz und ganz besonders die innere Rindenschicht sind beide auf der dem Markstrahl entgegengesetzten Seite, welche dem Kiel entspricht, stärker ausgebildet (vergl. Anm. 19). Dieses einseitig stärkere Wachsthum hat zur Folge, dass die Reihen der Rinde, welche sonst radial verlaufen, nach der Seite des stärkeren Dickenwachsthums hingezogen werden. Beim Trocknen der Wurzel tritt, indem die dünnwandigen Elemente auf der Seite des Markstrahls stärker zusammenfallen, als die kleineren und dickwandigeren der gegenüberliegenden Rindenpartie, letztere in Form einer Leiste hervor und bildet den sogenannten „Kiel."

Das einseitig stärkere Dickenwachsthum und damit die Ablenkung der Zellreihen in der Rinde pflegt mit der grösseren Breite der Markstrahlen zuzunehmen, und auf diese Weise entstehen Querschnittsfiguren, auf denen Rinde, Holz und Markstrahl neben einander liegen. Werfen wir einen Blick auf Fig. 6, so begreifen wir, wie Wigand[26]) dazu gekommen ist, zu sagen: „Bast und Holz liegen auf der einen, Mark und primäre (!) Rinde auf der andern Seite, anstatt sich concentrisch einzuschliessen."

---

[26]) Flora 1856, pag. 676 und Archiv der Pharmacie 1862, Bd. 111, pag. 238.

Wie stark zuweilen die Rinde auf der Seite des Kiels ausgebildet ist, möge folgendes Beispiel zeigen. In einer Wurzel lag der Holzkörper, von dem ein Markstrahl mehr als die Hälfte einnahm, ganz nach der Peripherie zu. Die Rinde war auf der Seite des Kiels über 6 Mal so stark, wie auf der gegenüberliegenden Seite der Markstrahl und die darüberliegende Rinde zusammen; der Kiel nahm bei Weitem den grössten Theil der Querschnittsfläche ein.

Es leuchtet nun ein, dass bei dem einseitig stärkeren Dickenwachsthum die tangentiale Spannung der äusseren Rindenpartieen auf der Seite dieses stärkeren Wachsthums, also auf der Seite des Kiels, am grössten ist[27]). Denn, wenn auch die Spannung das Bestreben hat, sich auf die ganze Peripherie der Rinde gleichmässig zu vertheilen, so wird sie hieran doch durch den anatomischen Zusammenhang der Elemente verhindert. Wir haben demnach an der Stelle, wo die Rinde am dicksten ist, die stärkste Tangentialspannung; von dort aus nimmt sie an Intensität nach beiden Seiten allmählig ab und auf der dem Markstrahl entsprechenden Seite ist sie am schwächsten. Erreicht nun die Tangentialspannung auf der Kielseite eine solche Intensität, dass die Peridermschicht ihr nicht mehr das Gleichgewicht halten kann, dann wird eine Zerreissung der letzteren eintreten, der entstehende Riss wird sich auch auf die darunter liegende Rinde weiter erstrecken, und die beiden Rindentheile werden auseinander gezogen werden, bis die Spannung rund herum eine gleichmässige geworden sein wird. Dass solche Fälle bei der *Senega*-wurzel wirklich vorkommen, habe ich hin und wieder beobachtet. Fig. 7 stellt einen solchen Fall dar. Der Riss ist nicht unregelmässig, sondern genau radial von der Peripherie nach dem Centrum zu verlaufen, den Reihen der Rindenelemente entsprechend; die beiden Rindentheile P P sind auseinandergeklafft, und die Rissstelle hat sich mit Wundperiderm bedeckt. Jetzt ist nun das Dickenwachsthum unter den früheren Bedingungen weiter fortgeschritten. Die neu angelegten Rindenreihen sind wieder durch das einseitig stärkere Dicken-

[27]) G. Krabbe hat vor einigen Jahren experimentell festgestellt, dass an excentrisch gewachsenen Bäumen und Aesten die Tangentialspannung der Rinde an dem Orte maximalen Wachsthums am grössten ist (Sitzungsberichte d. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin, 1882, pag. 1093 etc.). Dass excentrisch gewachsene Wurzeln sich anders verhalten, ist nicht anzunehmen.

wachsthum von der radialen Richtung abgelenkt, zeigen aber, wenigstens theilweise, einen andern Verlauf, als die vor dem Spaltungsprocess vorhandenen, und schliessen sich an diese in einem stumpfen Winkel an, wie Fig. 7 erkennen lässt.

Einseitig stärkeres Dickenwachsthum nachzuweisen gelang mir sogar an Wurzelästen, welche noch nicht aus der Rinde der Wurzel hervorgebrochen waren. Befanden sich diese dicht über oder unter einer tiefen, quer gerichteten Einschnürung der Rinde, welche an der Wurzel zuweilen vorkommen und gewöhnlich mit einer starken Korkschicht versehen sind, so liess sich regelmässig beobachten, dass die Holzelemente hauptsächlich auf einer Seite angelegt wurden. Dieses excentrische Wachsthum hängt offenbar damit zusammen, dass der Druck der dicht neben dem Wurzelast befindlichen Einschnürung das Cambium desselben auf derjenigen Seite im Wachsthum zurückhält, welche dieser Einschnürung zugekehrt ist; wenigstens war das Maximum des Dickenwachsthums regelmässig dieser Seite abgekehrt.

Auch andere Fälle von anomalem Dickenwachsthum lassen sich finden. So z. B. entwickelte an einer Wurzel das Cambium an manchen Stellen mehr Holz, als an anderen, so dass theils kleine, höckerartige Auswüchse am Holzkörper entstanden, theils kürzere oder längere Binden (auf dem Querschnitt betrachtet), welche den vierten Theil, ja sogar die Hälfte der Peripherie umfassten (vergl. Fig. 8). Dieses anomale Wachsthum fand rund herum am Holzkörper Statt, abwechselnd bald hier, bald dort, gewöhnlich aber war es auf einer Seite vorwiegend, und in Folge dessen entstand ein excentrischer, rund herum gelappter Holzkörper. Da nun die einzelnen anomal gewachsenen Holzschichten sowohl von einander, wie auch von den normal gewachsenen abstachen, so erschien der Holzkörper durch unregelmässige, concentrische Kreise in mehrere vollständige oder unvollständige Ringe getheilt.

Ein weiteres Beispiel von anomalem Dickenwachsthum zeigt uns Fig. 9. Das organische Centrum, von dem das Dickenwachsthum ausging, liegt bei O. Aehnliche Erscheinungen hat Wigand bei *Ononis spinosa* und *O. repens* beobachtet.[28])

An einem anomal gewachsenen Holzkörper, wie ihn Fig. 8 darstellt, liessen sich noch zwei Abnormitäten bemerken.

---

[28]) Flora 1856, pag. 674.

Ein durch anomales Wachsthum angelegter Holzstreifen zeigte die Eigenthümlichkeit, dass seine Zellreihen von denen des normal gewachsenen Theils des Holzkörpers plötzlich sehr stark, um fast einen rechten Winkel, abgelenkt waren (Fig. 8 bei B). Der Grund dieser Ablenkung lag darin, dass durch irgend einen Umstand die Rinde der Wurzel bis auf den Holzkörper gespalten war und dann eine Ueberwallung Statt gefunden hatte. Die neu angelegten Holzstrahlen waren dabei von der Ueberwallungsstelle abgezogen worden. Hierin liegt nun weiter nichts Abnormes, wenn man von dem auffällig starken Grade der Ablenkung absieht; aber der hier vorliegende Fall war aus einem andern Grunde merkwürdig. Auf der andern Seite der Ueberwallungsstelle nämlich waren die neu angelegten Holzstrahlen nur ganz unbedeutend abgelenkt. Wodurch dieser Unterschied hervorgerufen oder bedingt worden war, konnte ich wegen der mangelhaften Beschaffenheit des betr. Materials nicht ergründen.

Der andere Fall war folgender: Mitten in dem genau quer durchschnittenen Holzkörper fand sich eine fast kreisrunde Stelle, an welcher die Elemente desselben nicht quer, wie rings herum, sondern schief durchschnitten waren. Der Durchmesser dieser Partie kam der Breite des herumliegenden Holzringes ungefähr gleich. Diese Erscheinung war an 10 bis 12 auf einander folgenden Querschnitten zu bemerken und verlor sich allmählich nach oben und unten. Die mittlere, schief durchschnittene Partie liess sich schon mit blossem Auge erkennen, da sie ein von dem der andern verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besass. Für diese merkwürdige Erscheinung eine genügende Erklärung zu geben bin ich nicht im Stande.

Ein ganz auffallendes Beispiel von anomalem Dickenwachsthum zeigte sich an einer andern Wurzel. Es waren in derselben zwei verschiedene, durch dünnwandiges Parenchym getrennte Holzkörper vorhanden; der eine, primäre, kreisrund, mit organischem Centrum versehen und braun gefärbt (abgestorben), befand sich unweit der Peripherie der Wurzel (vergl. Fig. 10, X'); der andere, sekundäre, von halbmondförmiger Gestalt, bedeutend grösser, als der erstere, lag so daneben, dass er jenem seine concave Seite zukehrte und dass beide zusammen ungefähr die Mitte der Wurzel einnahmen (Fig. 10 X''). Das die beiden Holzkörper trennende Parenchym N zeigte radiale Zellreihen (sowohl auf dem Quer-, wie auf dem Radialschnitt);

die einzelnen Zellen desselben waren fast würflig oder im Sinne der Längsachse der Wurzel etwas gestreckt, dünnwandig, ohne Poren und mit Tropfen von fettem Oel versehen. Zwischen beiden Holzkörpern vermittelten einzelne unregelmässig verlaufende Gefässe oder Gefässgruppen die Verbindung. Vor dem sekundären Holzkörper zog sich auf dessen äusserer, convexer Seite ein Cambium hin, welches sich in der die beiden Holzkörper trennenden Parenchymschicht N verlor, hier gleichsam abgerissen war. Nach diesem Befunde kann der eigenthümliche Bau der Wurzel nur so entstanden gedacht werden, dass das Cambium auf der einen Seite des braunen, primären Holzkörpers seine Funktion gänzlich eingestellt, auf der andern (dem sekundären Holzkörper nachher zugewendeten) Seite zuerst dünnwandiges Parenchym, dann wieder plötzlich, wenn auch nicht an allen Stellen gleichmässig, gefässführendes Holz gebildet hatte. An vereinzelten Punkten dieser Seite mussten aber auch einzelne Gefässe oder Gefässgruppen zu gleicher Zeit mit dem Parenchym weiter angelegt sein, dieselben, welche nachher die Verbindung zwischen den beiden Holzkörpern herstellten. — Von dem dünnwandigen Parenchym zwischen den beiden Holzkörpern erstreckten sich, nach und nach sich verschmälernd, Streifen von Parenchym (Fig. 10, a) in den sekundären Holzkörper hinein (also gerade umgekehrt, wie die Markstrahlen gebaut zu sein pflegen, welche nach der Peripherie zu sich verbreitern). Nur einer derselben erreichte die Peripherie, die andern hörten mitten im Holzkörper auf; ich will ersteren kurz als Markstrahl bezeichnen. Dort, wo diese Streifen von der tangentialen, die beiden Holzkörper trennenden Parenchymlamelle sich abzweigten, liess sich deutlich sehen (sie zeigten nämlich dort ausgeprägte Tangentialreihen), dass die einzelnen Zellen des Strahls durch radiale Wände sich getheilt hatten, in tangentialer Richtung gewachsen waren und so die Abschnitte des sekundären Holzkörpers ein wenig auseinandergedrängt hatten. Das zwischen den beiden Holzkörpern befindliche Parenchym war aber ebenfalls wachsthumsfähig geblieben und nachträglich, als der sekundäre Holzkörper schon längst gebildet war, nachgewachsen; es hatte die beiden Holzkörper immer weiter auseinander geschoben und die einzelnen Gefässe oder Gefässgruppen, welche jene verbanden, zerrissen oder auseinander gezerrt. An den Stellen, wo solche Zerreissungen oder Zerrungen Statt gefunden hatten,

war dann auch die radiale Anordnung der Zellen des Parenchyms N (Fig. 10) gestört, weil letzteres in die entstandenen Lücken eingedrungen war. Für das nachträgliche Wachsthum des Parenchyms N spricht weiter auch der Umstand, dass das Cambium des sekundären Holzkörpers sich nicht bis an den primären verfolgen liess, sondern mitten im Parenchym aufhörte. Einem solchen Wachsthum des dünnwandigen Parenchyms im Holzkörper werden wir in der Folge noch öfter begegnen.

Etwas oberhalb dieser Stelle war der braune, primäre Holzkörper sammt der dazu gehörigen Rinde, soweit diese auf der dem andern Holzkörper abgekehrten Seite lag, durch einen Verwesungsprozess vollständig verschwunden, und das Parenchym, welches ihn vorher von dem andern Holzkörper trennte, befand sich an der Oberfläche der Wurzel und hatte hier zum Schutz gegen äussere Einflüsse eine Korkschicht gebildet. Der sekundäre Holzkörper aber zeigte sich in zwei Arme getheilt, welche noch weiter nach oben sich wieder vereinigten. Jeder dieser Arme besass, wenigstens dort, wo die beiden am weitesten von einander entfernt waren und jeder von ihnen sich am vollkommensten ausgebildet erwies, seinen vollständigen Verdickungsring, war überhaupt so gebaut, wie der gewöhnliche Holzkörper der *Senega*wurzel, mit Markstrahlen versehen etc. (Fig. 11). Der Vorgang bei der Trennung des sekundären Holzkörpers in zwei selbstständige, oben und unten wieder vereinigte Arme war folgender gewesen, wie sich dies auf successiven Querschnitten verfolgen liess: Schon vorher (auf Seite 17) wurde erwähnt, dass ein nach dem organischen Centrum (des primären Holzkörpers) zu verbreiterter, markstrahlenähnlicher Strang dünnwandiger, parenchymatischer Zellen den halbmondförmigen, secundären Holzkörper in zwei Stücke theilte. Durch weiteres Wachsthum dieses Markstrahls (wie wir ihn kurz nennen wollen) in tangentialer Richtung, besonders nach der concaven Seite des Holzkörpers zu, wurden diese beiden Stücke dort immer mehr auseinander gedrängt. Dann entwickelte sich aus dem dünnwandigen Parenchym ein Cambium, welches sich zunächst an jeden Theil des gespaltenen Holzkörpers, auf den Seiten des Markstrahls, anlehnte und sich hierauf mit dem abgerissenen Theil des schon vorhandenen Cambiums im Parenchym N, das den sekundären Holzkörper vom primären trennte, verband

(man vergl. Fig. 10). Auf diese Weise wurde das Stück des ursprünglichen Cambiumringes, welches jedem Theile des sekundären Holzkörpers zugehörte, zu einem vollständigen, selbstständigen Ringe ergänzt. Dadurch, dass das Cambium nun nach beiden Seiten hin Dauergewebe anlegte, vervollständigte es jeden Theil des Holzkörpers zu einem selbstständigen, ganzen und drängte die beiden, Rinde zwischen sie einschiebend, auseinander, wie dies an Fig. 11 zu sehen ist.

Auffallend war diese Wurzel schon äusserlich dadurch, dass sie an der betreffenden Stelle breit gedrückt erschien. Eine vollständige Durchbrechung zeigte sie nicht; der Raum zwischen den beiden neu entstandenen Holzkörpern war überall ausgefüllt. An einer ähnlichen Wurzel, welche ich von der Rinde befreite, um über den Bau des Holzkörpers schneller ins Klare zu kommen, und welche ebenfalls zwei getrennte, runde Holzkörper besass, fand ich, dass der eine derselben, wie aus Fig. 12 ersichtlich ist, nochmals an mehreren Stellen durchgehende Spalten zeigte (die vorher von weichem Gewebe ausgefüllt waren) und so noch mehrmals in kurze Arme getheilt war.

Während hier eine Theilung des Holzkörpers in mehrere selbstständige radiale Parenchymlamellen in tangentialer Richtung erfolgt war, beobachtete ich an einer anderen Wurzel eine Theilung desselben durch tangentiale Parenchymlamellen in radialer Richtung. Hier war die Theilung des Holzkörpers nicht im oberen Theil der Wurzel, in der Nähe des Wurzelkopfes (wie in dem vorher beschriebenen Falle), sondern etwa in der Mitte derselben eingetreten. Die Wurzel war an dieser Stelle etwas verbreitert, die Rinde auf einer Seite aufgeplatzt, der Holzkörper auf dieser Seite nur mit einer dünnen Rindenschicht bedeckt. Der Holzkörper zeigte anomales Wachsthum, das Cambium sonderte stellenweise reichlicher Holz ab, so dass an der Peripherie des Holzkörpers höckerartige Auswölbungen entstanden. In der ganzen Breite des einzelnen Höckers hatte das Cambium weiter oben in der Wurzel eine tangentiale Lamelle von dünnwandigem Parenchym gebildet, welche den anomal gewachsenen Holzhöcker vom übrigen Holzkörper abschnitt. Nun entwickelte sich aus diesem Parenchym sowohl an dem abgeschnittenen Holzstrang, wie an dem ursprünglichen Holzkörper ein Cambium bei ersterem auf der dem primären Holzkörper zugewendeten Seite, bei letzterem dort, wo der erstere abgeschnitten war, und jeder der bei-

den besass jetzt einen eigenen, vollständigen Verdickungsring. Die Cambiumringe der beiden Holzkörper entwickelten nun nach innen Holz, nach aussen Rinde, und da auch das die beiden Holzkörper trennende Parenchym eine Zeit lang fortwuchs, so wurden im Laufe der Zeit die beiden Holzkörper immer mehr von einander entfernt. Oben und unten blieben sie, wie im vorigen Falle, zusammenhängend, und der Raum zwischen ihnen war vollkommen von Gewebe eingenommen. Der soeben beschriebene Theilungsprocess war aber nicht nur an einer Stelle der Peripherie des ursprünglichen Holzkörpers vor sich gegangen, sondern an mehreren, bald hier, bald dort, und auf diese Weise waren neun um den primären Holzkörper herumliegende sekundäre entstanden. Sie zeigten kein besonders starkes Dickenwachsthum, sondern blieben fast, wie sie waren; nur die dazu gehörige Rinde wuchs kräftig weiter. Der eine dieser sekundären Holzkörper theilte sich an einer Stelle weiter in zwei Arme, und zwar durch eine radiale Parenchymlamelle in tangentialer Richtung, sonst analog dem vorher beschriebenen Falle.

Stellenweise war der Vorgang der Abtrennung von Holzpartieen noch mit einer kleinen Modification vor sich gegangen. Vom Cambium war eine Tangentialschicht von Parenchym abgeschieden, dann wieder Gefässe, Tracheïden etc.; zugleich mit diesen Holzelementen waren zwei oder, an anderen Stellen, drei kleine, sekundäre Markstrahlen von dünnwandigem Parenchym angelegt. Auf diese Weise war eine kleine Holzpartie (im letzteren Falle deren zwei) vom ursprünglichen Holzkörper abgetrennt, welche auf drei Seiten von dünnwandigem Parenchym umgeben war. Aus diesem Parenchym entwickelte sich nun an jedem Holzkörper ein Cambium, das sich an das schon vorhandene anschloss, dasselbe zu einem geschlossenen Ringe ergänzend. Im Weiteren verlief der Prozess wie vorher.

An einer Stelle war diese Wurzel vollständig durchbrochen; die Querschnitte zerfielen sofort in zwei Stücke. Bei näherer Untersuchung zeigte es sich, dass zwischen dem primären Holzkörper und einigen sekundären auf der einen Seite und mehreren sekundären auf der andern Seite sich eine durchgehende Korkschicht gebildet hatte, welche in der Mitte gespalten war.

Nicht immer ergänzt sich das Cambium an abgetrennten Holzpartieen zu einem geschlossenen Ringe. Dies liess sich an einem sekundären Holzkörper einer anderen Wurzel konstatiren,

welcher, obwohl von relativ bedeutender Grösse, nur auf der äussern Seite Cambium besass, wo es schon vor der Theilung vorhanden gewesen, auf den andern Seiten aber von gewöhnlichem Parenchym umgeben war.

Werfen wir nun einen kurzen Blick auf die verschiedenen Arten der Theilung des Holzkörpers zurück, so leuchtet aus allen eins hervor, nämlich, dass das dünnwandige Parenchym im Holzkörper, sei es in radialer oder tangentialer Richtung angelegt, d. h. Markstrahlen- oder Holzparenchym, wachsthumsfähig bleibt nach jeder Richtung hin und sogar im Stande ist, neues Cambium zu erzeugen.

Als die vorliegende Abhandlung fast vollendet war, fand ich eine Notiz, welche beweist, dass schon früher das Vorkommen getrennter Holzkörper in der *Senega*wurzel bemerkt worden ist. Döbereiner spricht nämlich in seinem Apothekerbuch[29]) von einem „meist unregelmässig gestalteten, bisweilen in zwei Stränge zerfallenden holzigen Mark“ (womit er den Holzkörper meint). Diese Bemerkung scheint jedoch von keinem der späteren Autoren beachtet worden zu sein; denn nirgends fand ich sonst eine Andeutung davon.

Südliche Senegawurzel.

Seit etwa 10 Jahren, als die westliche *Senega*wurzel[30]) anfing seltener zu werden, kommt noch eine andere Sorte der Droge in den Handel, welche unter dem Namen „Südliche *Senega*wurzel“ bekannt ist. Saunders machte im Jahre 1876 zuerst auf diese neue Handelssorte aufmerksam[31]). Dann erwähnte sie Thomas Greenish[32]), welcher sie für junge, unreife Wurzeln von *Polygala Senega* erklärte. Auch ein Deutscher, E. Siebert[33]), wies 1880 auf die südliche *Senega* hin und warnte

---

[29]) Döbereiner, Deutsches Apothekerbuch, I. Theil (1842), pag. 259.

[30]) So heisst die gewöhnliche Sorte des Handels zum Unterschied von derjenigen, welche jetzt besprochen werden soll.

[31]) Proceedings of the American Pharm. Association, 1876, pag. 661.

[32]) Pharmac. Journal and Transactions 1878, pag. 193; vergl. auch Yearbook of Pharmacy, 1878, pag. 523.

[33]) Pharmaceut. Zeitung, 1880, Nr. 28, pag. 207; ebenso Pharmaceut. Centralhalle, 1880, Nr. 19, pag. 155. Siebert bezeichnet sie zwar nicht als südliche, nach seiner Beschreibung ist aber anzunehmen, dass es solche war.

vor ihrer Anwendung. Im Jahre 1881 veröffentlichte Goebel[34]) eine genauere Untersuchung derselben; er fand sowohl im anatomischen Bau, wie in Betreff des Gehalts an Polygalasäure (Senegin) Unterschiede zwischen dieser und der echten Wurzel und erklärte die Ansicht Greenish's, dass es junge Wurzeln von *Polygala Senega* seien, für irrig. Maisch blieb es vorbehalten, nachzuweisen, dass die Stammpflanze der südlichen *Senega*wurzel *Polygala Boykinii* Nuttall sei[35]); denn die Wurzeln dieser Pflanze, welche er von Gunn erhielt, waren mit der falschen *Senega* seiner Sammlung identisch und stimmten auch in Bezug auf die mikroskopische Struktur mit dem, was Greenish und Goebel darüber veröffentlicht hatten, überein. Nach J. U. und C. H. Lloyd aber stammt alle in Cincinnati gesammelte südliche *Senega* von einer breitblättrigen Abart der *Polygala Senega*[36]). Von welcher der beiden Pflanzen die mir vorliegenden Wurzeln stammen, muss zweifelhaft bleiben.

Aeusserlich unterscheidet sich die südliche *Senega* von der westlichen dadurch, dass sie der Hauptmasse nach aus dünneren, fast gelben, wesentlich helleren nnd längeren Wurzeln besteht, als letztere. Die hellere Farbe tritt nach dem Einweichen in Wasser noch deutlicher hervor. Dazwischen finden sich aber auch anscheinend ältere, dickere Wurzeln von bräunlicher Farbe. Beim Durchbrechen verhält sie sich wie die westliche, der Geschmack ist aber weniger scharf, als bei dieser.

Die ausführlichste mikroskopische Untersuchung der südlichen *Senega*wurzel, welche bisher existirte, lieferte Goebel[37]); derselbe fügte zugleich einige skizzenhafte Abbildungen bei.

---

[34]) American Journal of Pharmacy, 1881, pag. 321.

[35]) American Journal of Pharmacy, 1881, pag. 388, auch New Remedies, 1881, pag. 208.

[36]) American Journal of Pharmacy, 1881, pag. 481; auch Flückiger, Pharmakognosie, II. Aufl. (1883), pag. 412.

[37]) American Journal of Pharmacy, 1881, pag. 321 etc, Da die Resultate von Goebel's Untersuchung mit denen der meinigen nicht ganz übereinstimmen, das betr. Journal auch nicht Vielen zur Hand sein wird, so gebe ich seine anatomische Beschreibung hier wörtlich wieder: The false senega, when cut transversely, exhibits an outer layer of cells, rather irregular, very compact. thin and corky; the inner bark is about five or six times as thick, its cells are very regular and appear in distinct circles, varying in size; the outer circle is formed of very small flattened cells; the second broader layer consists of oval cells and is followed by a zone of smaller slightly flattened cells and by an inner circle of cells, nearly similar to the preceding. A very thin cambium layer separates the bark from the wood, which is rather compact, with slightly curved numerous

Alle früheren Untersuchungen stimmen darin überein, dass der südlichen *Senega*wurzel der Kiel fehle und dass ihr Holzkörper auf dem Querschnitt überall eine regelmässige, runde oder ovale Form zeige, dass demnach breite Markstrahlen ihr fehlen. Das kann ich nun nicht bestätigen. Es muss freilich zugegeben werden, dass, wenigstens an den dünnen Wurzeln der Waare, sowohl der Kiel, wie die Wulste weniger auffällig sind, als an der westlichen *Senega*; befreit man aber die Wurzeln nach dem Aufweichen in Wasser von der Rinde, so kann man sich überzeugen, dass breite Markstrahlen hier ebensowohl vorkommen, wie an jener, wenn auch weniger häufig; man findet sie an jeder einzelnen Wurzel. Es gelang mir überhaupt nicht, zwischen der südlichen und westlichen *Senega* einen durchgreifenden anatomischen Unterschied zu finden, weder im Bau der einzelnen Gewebselemente, noch dem der Rinde, des Holzkörpers, der Markstrahlen und des Kiels; nur die Korkschicht, welche die Rinde bedeckt, ist, wenigstens an den dünneren Wurzeln der südlichen *Senega*, eine dünnere, als an der westlichen, und nur wenige Zellen stark. Dies ist zugleich die Ursache des helleren Aussehens der Wurzeln. Der Holzkörper ist vielfach excentrisch gebaut und zeigt hin und wieder anomales Wachsthum. Einfache und zusammenhängende breite Markstrahlen finden sich ebenfalls, wie vorher schon angedeutet ist; erstere erreichen oft eine Länge von mehreren Centimetern. Der Kiel fehlt ebensowenig, wie die Wulste im oberen Theile der Wurzeln, und die Ablenkung der schmalen Markstrahlen in vertikaler Richtung kommt an letzteren ebenso gut vor, wie bei der andern *Senega*; auch die im Holzkörper befindlichen, dünnwandigen Parenchymmassen zeigen eine ähnliche Wachsthumsfähigkeit, wie bei jener. Endlich besitzen die Stengelreste und die daran sitzenden Schuppenblätter denselben Bau, wie die der westlichen *Senega*wurzel.

---

medullary rays, composed of small flat parenchyma cells; the woody cells are small, somewhat oval shaped, intermixed with larger ducts, of the same shape, arranged in three disinct circles.

In longitudinal section, the corky layer of the bark is rather irregular; in the next layer the cells are long and flattened, followed by somewhat larger oval cells, and ther by long, flattened, very compact liber cells, and finally by shred-like, very compact cells, and by the thin cambium. The wood is composed of prosenchyma tissue, with large ducts.

Ein Auszug aus der Goebel'schen Arbeit ist übrigens in der Beilage zu Nr. 74 der Pharmaceut. Zeitung, 1881, zu finden.

Ausser den bei der andern *Senega*wurzel beschriebenen abnormen Wachsthumserscheinungen gelang es mir hier noch einige andere zu entdecken, von denen ich aber überzeugt bin, dass sie auch an der westlichen *Senega*wurzel vorkommen, obwohl ich sie dort nicht gefunden habe. So z. B. war an der Stelle einer Wurzel, an welcher ein breiter Markstrahl etwa die Hälfte des ganzen Holzkörpers einnahm, auf der Aussenseite des Markstrahls keine Cambiumzone wahrzunehmen. Die Zellreihen des Markstrahls waren sehr kurz und fast nur in der Nähe des organischen Centrums deutlich radial. Dass ursprünglich ein Cambium vorhanden gewesen war, darauf deuteten diese Radialreihen hin; es hatte aber zu einer gewissen Zeit seine Thätigkeit eingestellt, und das ganze, dünnwandige Parenchym des Markstrahls war meristematisch geworden.

Hin und wieder fand ich Stellen, an welchen zwei breite Markstrahlen in demselben Niveau neben einander lagen, durch einen Holzkeil von einander getrennt. Fig. 13 stellt einen Querschnitt durch eine solche Stelle dar. Derartige neben einander liegende Markstrahlen können auch am Centrum in Zusammenhang stehen. So fand ich eine Stelle, an welcher 7 Markstrahlen neben einander lagen, durch 6 kleine Holzkeile getrennt; sie nahmen mit diesen zusammen etwa die Hälfte des Holzkörpers ein. Die Holzkeile hingen seitlich sowohl unter einander, wie auch mit dem übrigen Holzkörper zusammen (anastomosirten unter einander), nicht aber am Centrum.

Trennung des Holzkörpers in mehrere selbständige, sich wieder vereinigende Arme liess sich mehrfach bei der südlichen *Senega* konstatiren. Ein von den früher erwähnten etwas abweichender Fall, welchen Fig. 14 veranschaulichen möge, sei hier näher beschrieben. Der stark excentrisch gewachsene Holzkörper war auf einer Seite mit einem breiten Markstrahl versehen und zeigte deshalb auf der gegenüberliegenden Seite einen ausgeprägten Kiel von Rindengewebe. Auf der dem Kiel zugewendeten Hälfte des Holzkörpers waren von diesem in radialer Richtung durch eine tangentiale Parenchymlamelle und kleine Markstrahlen (aus dünnwandigen Zellen bestehend) ganz wie bei der andern *Senega* auf Seite 20 beschrieben, kleine Holzmassen abgetrennt und durch ein weiteres Wachsthum dieses Parenchyms vom primären Holzkörper entfernt worden. Im Rindenkiel aber war von aussen her eine Spaltung einge-

treten (vergl. Seite 14), und die beiden Rindentheile P P waren in Folge des tangentialen Zuges jeder um etwa einen rechten Winkel aus der ursprünglichen Lage gerückt worden. Die abgetrennten Holzmassen aber besassen selbst an der Stelle, wo sie von dem eigentlichen Holzkörper und von einander am weitesten entfernt waren, noch keinen vollständigen Cambiumring; nur an ihrer Aussenseite fand sich Cambium, welches dort ja auch schon vor ihrer Abtrennung vom Holzkörper vorhanden gewesen war. Auf ihrer inneren, dem eigentlichen Holzkörper zugekehrten Seite aber war eine meristematische, radiale Zellreihen bildende und einem Cambium nicht unähnliche Zone entstanden. Ein ähnliches Meristem hatte sich auch dort am eigentlichen Holzkörper gebildet, wo die Holzpartieen von ihm abgetrennt waren.

Wurzeln anderer Polygala-Arten.

Um zu constatiren, ob auch bei andern *Polygala*-Arten ähnliche Wachsthumserscheinungen vorkommen, wie bei der *Senega*, wurden die Wurzeln einer Anzahl von *Polygala*-Arten, besonders amerikanischer, der Untersuchung unterworfen. Das betr. Material erhielt ich durch die Güte des Herrn Prof. Garcke aus dem Königl. Herbarium zu Berlin.

Im Grossen und Ganzen sind die Wurzeln der untersuchten *Polygala*-Arten gebaut, wie die *Senega*wurzel an normal gewachsenen Stellen. Breite Markstrahlen fand ich bei keiner weiter. Abnormitäten, wie sie bei der *Senega*wurzel beschrieben sind, kommen möglicherweise auch bei den andern *Polygala*-wurzeln vor, obgleich ich dies des spärlichen Materials wegen nicht constatiren konnte; nur bei *P. vulgaris* und *P. sanguinea* fand ich Fälle von anomalem Wachsthum. Abweichungen vom normalen Bau der *Senega*wurzel kommen insofern vor, als die Rinde entweder sehr dünn ist und keine nennenswerthen Mengen von Reservestoffen enthält, oder, wenn sie dick ist, insofern, als sie nicht fettes Oel, sondern Amylum als Reservestoff führt *(P. violacea)*; weiter finden sich bei manchen Arten *(P. linoides* und *P. corisoides)* schmale, von dünnwandigen Zellen gebildete Markstrahlen vor. Die einzelnen Elemente des Holzkörpers sind im Allgemeinen von derselben Beschaffen-

heit, wie bei der *Senega*wurzel; jedoch gehen die Tracheïden bei manchen Arten in Libriform über (*P. verticillata*, *P. cruciata*, *P. paniculata*), und bei *P. chamaebuxus* sind Gefässe und Tracheïden sogar noch mit Verdickungsleisten versehen.

Gehen wir auf die einzelnen Arten näher ein.

A) Rinde dick, zur Aufspeicherung von Reservestoffen dienend.

a) als Reservestoff fungirt fettes Oel.

1) *P. Senega* L.

2) *P. Boykinii* Nutt. (?)

b) als Reservestoff fungirt Amylum.

3) *P. violacea* Vahl. Brasilien. Das äussere Ansehen dieser Wurzel ist von dem der anderen *Polygala*wurzeln ganz verschieden; die Rinde, deren Dicke etwa dem Durchmesser des Holzkörpers gleichkommt, spaltet sich nämlich beim Eintrocknen durch ringsherum verlaufende Querrisse in ringförmige Abschnitte und löst sich vom Holzkörper leicht los. Amylum in zusammengesetzten Körnern findet sich bei ihr ausser in der Rinde auch in den Markstrahlen. Der strahlig gebaute, schwach gelappte Holzkörper zeigt keine Andeutung von Jahresringen; Gefässe zerstreut; Markstrahlzellen porös.

B) Rinde dünn, ohne nennenswerthe Mengen von Reservestoffen.

a) Markstrahlen aus dünnwandigen Zellen bestehend.

4) *P. linoides* Poir. Brasilien. Holzkörper mit radial verlaufenden Spalten versehen, welche dadurch entstanden sind, dass die aus dünnwandigen Zellen bestehenden Markstrahlen beim Eintrocknen zerrissen sind; die zahlreichen, schmalen Markstrahlen verlaufen nicht genau radial, sondern etwas unregelmässig. Gefässe verhältnissmässig gross, zerstreut.

5) *P. corisoides* St. Hilaire. Brasilien. Der gelappte Holzkörper zeigt, wie bei der vorigen, Spalten, welche auf dieselbe Weise, wie dort, entstanden sind. Gefässe auffallend gross, einzeln, zerstreut. Die dünnwandigen Zellen der Markstrahlen gehen nach dem Centrum zu in dickwandige, poröse über.

b) Markstrahlen aus dickwandigen, porösen Zellen bestehend.

6) *P. vulgaris* L. Deutschland. Holzkörper deutlich strahlig. Gefässe meist einzeln. Als Abnormität wurde hier ein Fall beobachtet, wie er für *P. Senega* Seite 19 beschrieben ist.

7) *P. chamaebuxus* L. Süddeutschland. Holzkörper strahlig. Gefässe verhältnissmässig gross, undeutliche Jahresringe bildend. Gefässe und Tracheïden führen ausser den behöften Poren noch netzförmig anastomosirende Verdickungsleisten.

8) *P. sanguinea* L. Nordamerika. Holzkörper deutlich strahlig, rund herum sternförmig gelappt. Was diesen letzteren Umstand anbetrifft, so fand sich dieses Gelappt-sein nur an dickeren Wurzeln, war aber hier bei Weitem auffallender, als bei den andern untersuchten *Polygala*wurzeln. Dünne Wurzeln besassen einen fast stielrunden Holzkörper. Bei *P. sanguinea* beobachtete ich einen Fall von anomalem Dickenwachsthum, ähnlich wie ihn Fig. 9 zeigt.

9) *P. ambigua* Nutt. Kentucky. Holzkörper deutlich strahlig. Gefässe wenig auffallend, spärlich, einzeln.

10) *P. incarnata* L. Nordamerika. Holzkörper deutlich strahlig, Jahresringe nicht vorhanden. Gefässe einzeln.

11) *P. purpurea* Nutt. Kentucky. Holzkörper deutlich strahlig, wenig gelappt. Gefässe einzeln, spärlich, zerstreut. Keine Jahresringe.

12) *P. lutea* L. Carolina. Holzkörper fast stielrund, Gefässe gross, in concentrischen Kreisen.

13) *P. verticillata* L. Nordamerika. Holzkörper deutlich strahlig, Jahresringe fehlen. Gefässe spärlich, klein. Tracheïden mit spärlichen, sehr undeutlich behöften Poren (Libriform zu nennen?).

14) *P. cruciata* L. Florida. Holzkörper fast stielrund, deutlich strahlig. Gefässe gross, einzeln, zerstreut. Porenhöfe der Tracheïden undeutlich (Libriform?).

15) *P. paniculata* L. St. Domingo, Columbien. Holzkörper fast stielrund, ohne Jahresringe. Porenhöfe der Tracheïden sehr undeutlich (Libriform?).

16) *P. grandiflora* Lodd. Cap. d. gut. Hoffnung. Holzkörper deutlich strahlig. Gefässe spärlich, einzeln, zerstreut.

Werfen wir nun zum Schluss einen Blick auf die abnormen Wachsthumserscheinungen, wie wir sie bei der *Senega*wurzel fanden, zurück, so fällt ins Auge, dass ein Theil der Abnormitäten, wie z. B. das Absterben des Cambiums, durch äussere Einflüsse veranlasst ist. Ein anderer Theil aber ist constant und erblich; hierher gehört u. A. die Bildung des Rindenkiels

und der breiten Markstrahlen. Den abnormen Bau der *Senega*-wurzel mit besonderen Lebensbedingungen der Pflanze in Verbindung zu bringen ist bis jetzt nicht möglich; man wird zunächst nur sagen können, dass durch die Bildung der breiten Markstrahlen und des Kiels das Reservestoffe aufspeichernde Wurzelparenchym verstärkt wird.

Vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Ostern 1884 bis Ostern 1885 im Botanischen Institute der Universität Berlin unter Leitung des Herrn Prof. S. Schwendener angefertigt, welchem ich mich für die wohlwollende Förderung meiner Studien zu grossem Danke verpflichtet fühle.

Literatur-Verzeichniss.

1) Berg, O. Anatomischer Atlas zur pharmaceutischen Waarenkunde. I. Aufl., 1865. Berlin.
2) „ Handbuch der pharmaceut. Botanik, II. Theil, Pharmakognosie. I. Aufl. 1850—52, V. Aufl. 1879. Berlin.
3) De Bary, A. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig, 1877.
4) Döbereiner, Deutsches Apothekerbuch. Stuttgart 1841—45.
5) Flückiger, F. A. Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreichs. I. Aufl. 1867, II. Aufl. 1883. Berlin.
6) „ u. Hanbury, D. Pharmacographia. II. Aufl. 1879, London.
7) Geiger, Pharmaceutische Botanik. II. Aufl. 1839—40. Heidelberg.
8) Hager, Commentar zu der VII. Auflage der Pharmacopoea Borussica. Lissa 1865.
9) „ Handbuch der pharmaceut. Praxis. Berlin, 1876.
10) Murray, Apparatus medicaminum, tam simplicium, quam praeparatorum et compositorum. Ed. altera. Goettingae 1793.
11) Tennent, J. Epistle to Dr. R. Mead etc. Edinburgh, 1738.
12) „ Essays on the Pleurisy. Philadelphia 1736.

13) Tennent, J. Physical disquisitions. London 1735.
14) Wigand, A. Lehrbuch der Pharmakognosie. III. Aufl. Berlin, 1879.
15) Archiv der Pharmacie. Zeitschrift des Deutschen Apothekervereins. Halle.
16) Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie. Berlin.
17) Botanische Zeitung. Leipzig.
18) Buchners Repertorium für Pharmacie. München.
19) Flora, Allgemeine Botanische Zeitung. Regensburg.
20) Pharmaceutische Centralhalle. Berlin.
21) Pharmaceutische Zeitung. Bunzlau.
22) Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires. Paris.
23) American Journal of Pharmacy. Philadelphia.
24) New Remedies. New York.
25) Pharmaceutical Journal and Transactions. London.
26) Proceedings of the American Pharm. Association. Philadelphia.
27) Yearbook of Pharmacy.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. (Nat. Gr.) Oberer Theil einer in Wasser aufgeweichten Wurzel, bei w die dicken, halbringförmigen Wulste zeigend. Innerhalb dieser Wulste befinden sich breite, quergestreckte, am Centrum zusammenhängende Markstrahlen, wie sie Fig. 3 zeigt.

Fig. 2. (Vergr. 400). Haar vom Rande eines Schuppenblatts. Die Wand an der Spitze des Haares ist stark verdickt und deutlich geschichtet, das ganze Haar ausserdem mit Cuticularwärzchen bedeckt.

Fig. 3. (Vergr. 2). Diese Figur stellt ein Stück vom Holzkörper einer Wurzel nach Entfernung der Rinde und des Markstrahlparenchyms dar; sie lässt die breiten, dicht über einander liegenden Markstrahlen erkennen, welche sich regelmässig an der Stelle der Wulste finden.

Fig. 4. (Vergr. 7.) Theil eines Querschnitts durch eine Wurzel an der Stelle der Wulste. Der Holzkörper X zeigt sich quer durchschnitten, die vor dem Markstrahl M sich hinziehende Holzlamelle L aber längs oder wenigstens sehr schief.

Fig. 5. (Vergr. 7.) Radialschnitt durch eine wulstige Stelle der Wurzel. Hier erscheinen die Holzlamellen L L quer durchschnitten. Man sieht, dass die Markstrahlen nach dem Centrum zu in Zusammenhang stehen. Zwischen den Holzlamellen L L ist das Cambium der Markstrahlen eingebogen.

Fig. 6. (Vergr. 10.) Querschnitt durch einen excentrisch gewachsenen Theil einer Wurzel. P der Theil der Rinde, welcher beim Eintrocknen die Kielbildung veranlasst. M ein breiter Markstrahl.

Fig. 7. (Vergr. 10.) Querschnitt durch einen excentrisch gewachsenen Theil einer Wurzel. In der Rinde ist ein radialer Riss entstanden, die beiden Rindentheile P P haben sich auseinander gegeben, ihre Reihen schliessen sich an die der nachträglich angelegten Rinde, wenigstens theilweise, in einem stumpfen Winkel an.

Fig. 8. (Vergr. 10.) Querschnitt durch eine Wurzel, deren Holzkörper anomales Wachsthum zeigt. Bei B, B' Binden, bei H Höcker von Holz.

Fig. 9. (Vergr. 15). Querschnitt durch eine Wurzel, deren Holzkörper sich durch anomales Dickenwachsthum auszeichnet. Das organische Centrum, von dem aus das Dickenwachsthum zuerst hauptsächlich nach einer Seite hin erfolgte, liegt bei O.

Fig. 10. (Vergr. 7.) Querschnitt durch eine Wurzel, welche zwei neben einander liegende Holzkörper besitzt, einen älteren, runden X', und einen jüngeren, halbmondförmigen, X''. Beide sind von einander durch das dünnwandige Parenchym N getrennt. Bei a bemerkt man schmale, radiale, markstrahlähnliche Spalten im Holzkörper X'',

Fig. 11. (Vergr. 7.) Querschnitt durch dieselbe Wurzel, wie vorher, doch an einer höher gelegenen Stelle. Der primäre Holzkörper X' ist durch Verwesung entfernt; aus dem sekundären X'' der vorigen Figur aber sind zwei selbstständige Holzkörper entstanden, von denen jeder einen vollständigen Cambiumring und einen breiten Markstrahl besitzt.

Fig. 12. (Nat. Gr.) Eine von der Rinde befreite Wurzel. Der Holzkörper ist in zwei, oben und unten vereinigte, Arme getheilt. Der eine dieser Arme zeigt gleichfalls

noch Durchbrechungen. Alle diese Durchbrechungen waren vorher von weichem Gewebe ausgefüllt.

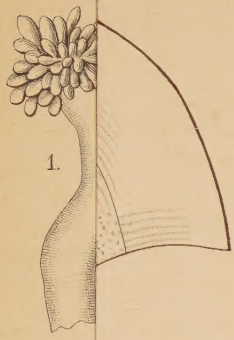
Fig. 13. (Vergr. 7.) Querschnitt durch eine südliche *Senega*-wurzel, zwei breite, durch einen Holzkeil getrennte, Markstrahlen zeigend.

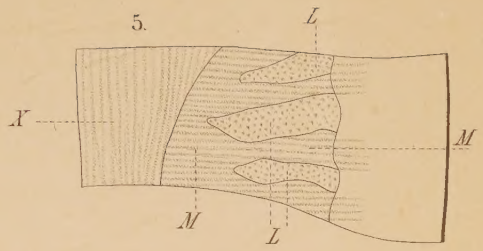
Fig. 14. (Vergr. 7.) Querschnitt durch eine südliche *Senega*-wurzel. Im Rindenkiel ist, wie bei Fig. 7, eine Spaltung eingetreten, und jede der beiden Spaltflächen hat sich um etwa 90° seitlich bewegt. Der Holzkörper hat auf einer Seite, dem breiten Markstrahl M gegenüber, kleine Holzpartieen X'' abgeschieden, die durch Wachsthum des Parenchyms N von ihm entfernt worden sind. P P die beiden auseinander geklafften Theile des Rindenkiels.

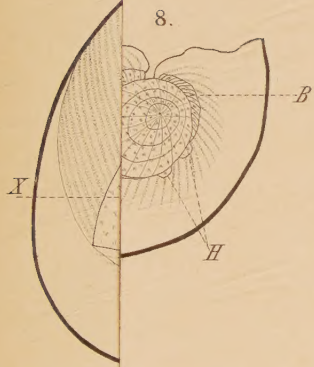
Bedeutung der Buchstaben.

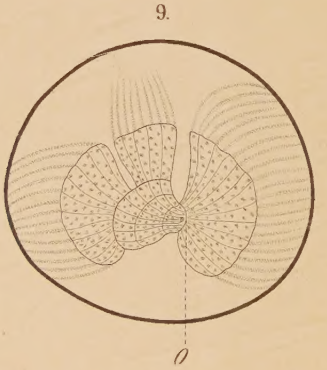
B Binden } von Holz.
H Höcker }
L Holzlamellen.
M Markstrahlen.
N dünnwandiges Parenchym.
P Rinde.
X Holzkörper.

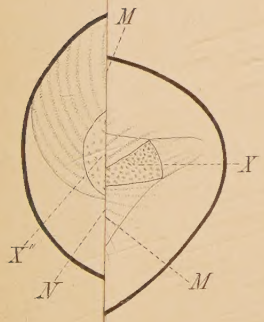
Alle Figuren, mit Ausnahme von 1, 2, 3, 12, sind etwas schematisirt. Fig. 13 und 14 beziehen sich auf die südliche *Senega*, alle anderen auf die westliche.

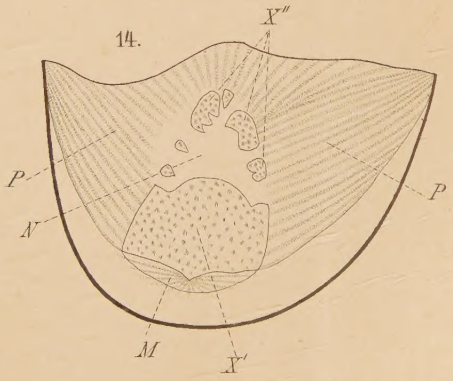

1.


5.
L
X'
M
M
L


8.
B
X'
H


9.
O


M
X'
X''
N'
M


14.
X''
P
N'
P
M
X'